Système d’aide au diagnostic de maintenance industrielle basé sur la convergence symptômes-causes : méthodologie et résultats

Par A YAHIA MESSAOUD

Mots-clés : maintenance industrielle, diagnostic, symptômes, causes, remèdes, base de connaissance, fiabilité, GMAO.

Résumé

Cet article propose une approche méthodique et évolutive de diagnostic en maintenance industrielle, fondée sur l’analyse des symptômes et des causes de défaillance. Le système conçu repose sur une base de connaissance structurée regroupant défaillances, causes, symptômes, remèdes et tâches préventives. Il permet un apprentissage dynamique, une standardisation du raisonnement technique et une capitalisation des retours d’expérience. L’outil offre un support opérationnel accessible pour les équipes de maintenance. Des résultats illustrés par des interfaces utilisateur démontrent son intérêt pratique.

1. Introduction

Dans un environnement industriel où les interruptions de production peuvent entraîner des pertes importantes, disposer d'un système de diagnostic fiable et rapide est essentiel. La qualité du diagnostic repose sur l’expérience, mais aussi sur la formalisation des liens logiques entre les symptômes observables, les causes probables, les remèdes efficaces et les tâches d’intervention. Ce travail présente une solution systématique et enrichissable pour guider les techniciens dans l’analyse des défaillances.

2. Structure logique du système

Le modèle repose sur une logique hiérarchique décomposant chaque défaillance en éléments clés :

- **Défaillance Ei** → contient plusieurs **causes Cij**
- Chaque **cause Cij** est associée à des **symptômes Sijk**, à des **remèdes Rij**, et à des **tâches Tijk**

Cette approche modulaire permet d’établir des correspondances transversales :

- Une même cause peut apparaître dans plusieurs équipements,
- Une cause identique provoque les mêmes symptômes et appelle les mêmes solutions.

3. Algorithme de correspondance

Lorsqu’une défaillance est sélectionnée, les symptômes observés sont comparés aux profils de symptômes de chaque cause connue.

Les causes sont ensuite triées par score de correspondance. La cause la plus probable permet de proposer immédiatement :

- Les remèdes les plus efficaces,
- Les tâches préventives associées.

4. Fonctionnalités du système

L'utilisateur peut :

- Saisir une nouvelle défaillance et l'associer à une cause connue ou nouvelle,
- Visualiser automatiquement les symptômes, remèdes et tâches déjà liés à la cause,
- Ajouter des nouveaux symptômes, remèdes ou tâches de façon incrémentale,
- Obtenir une analyse prédictive des causes probables à partir des symptômes de défaillance,
- Enregistrer dynamiquement les modifications dans la base de connaissance.

5. Résultats et cas d'utilisation

La figure suivante illustre l'interface de diagnostic. L'utilisateur sélectionne une défaillance, le système affiche les causes les plus probables avec leurs probabilités, ainsi que les remèdes et tâches recommandés.

```
Diagnostic Maintenance Intelligente
Choisir une défaillance :   Defaillance 14   Analyser   Ajouter défaillance

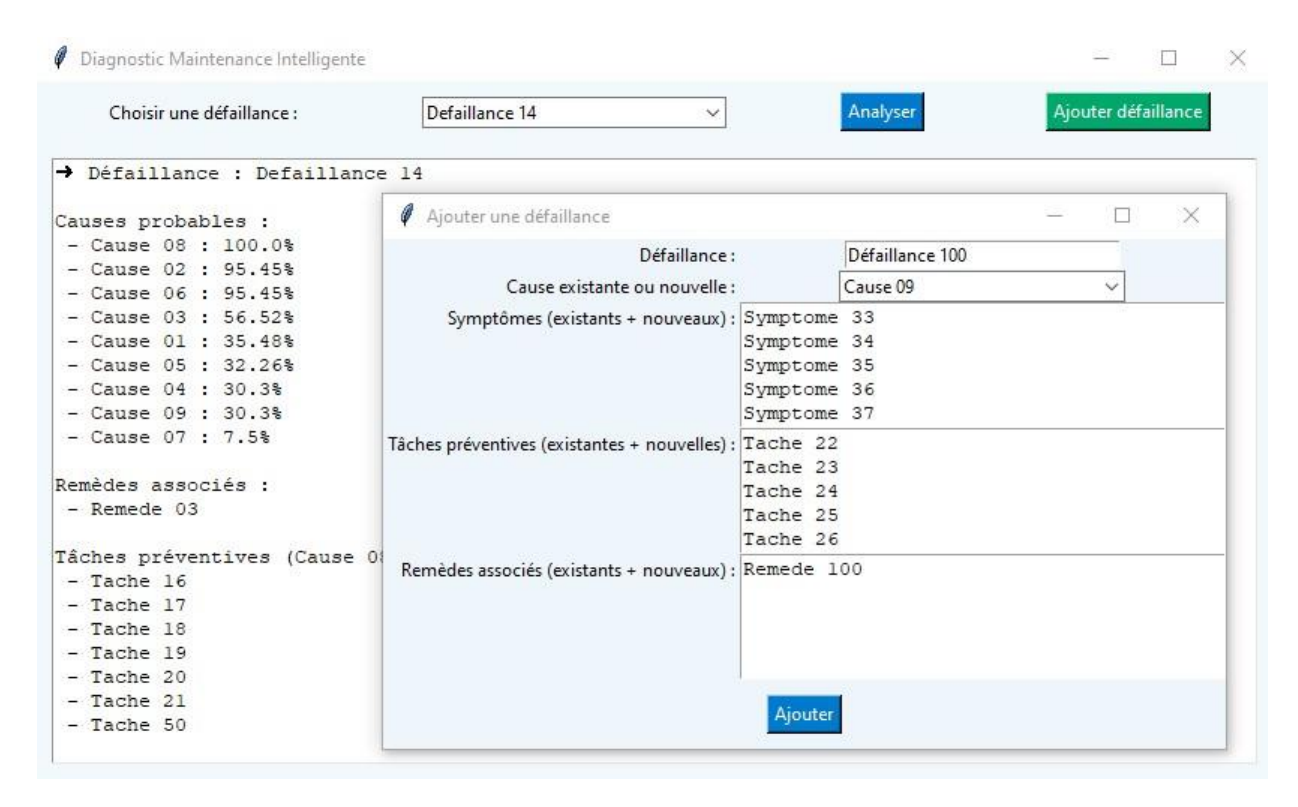
➜ Défaillance : Defaillance 14

Causes probables :
 - Cause 08 : 100.0%
 - Cause 02 : 95.45%
 - Cause 06 : 95.45%
 - Cause 03 : 56.52%
 - Cause 01 : 35.48%
 - Cause 05 : 32.26%
 - Cause 04 : 30.3%
 - Cause 09 : 30.3%
 - Cause 07 : 7.5%

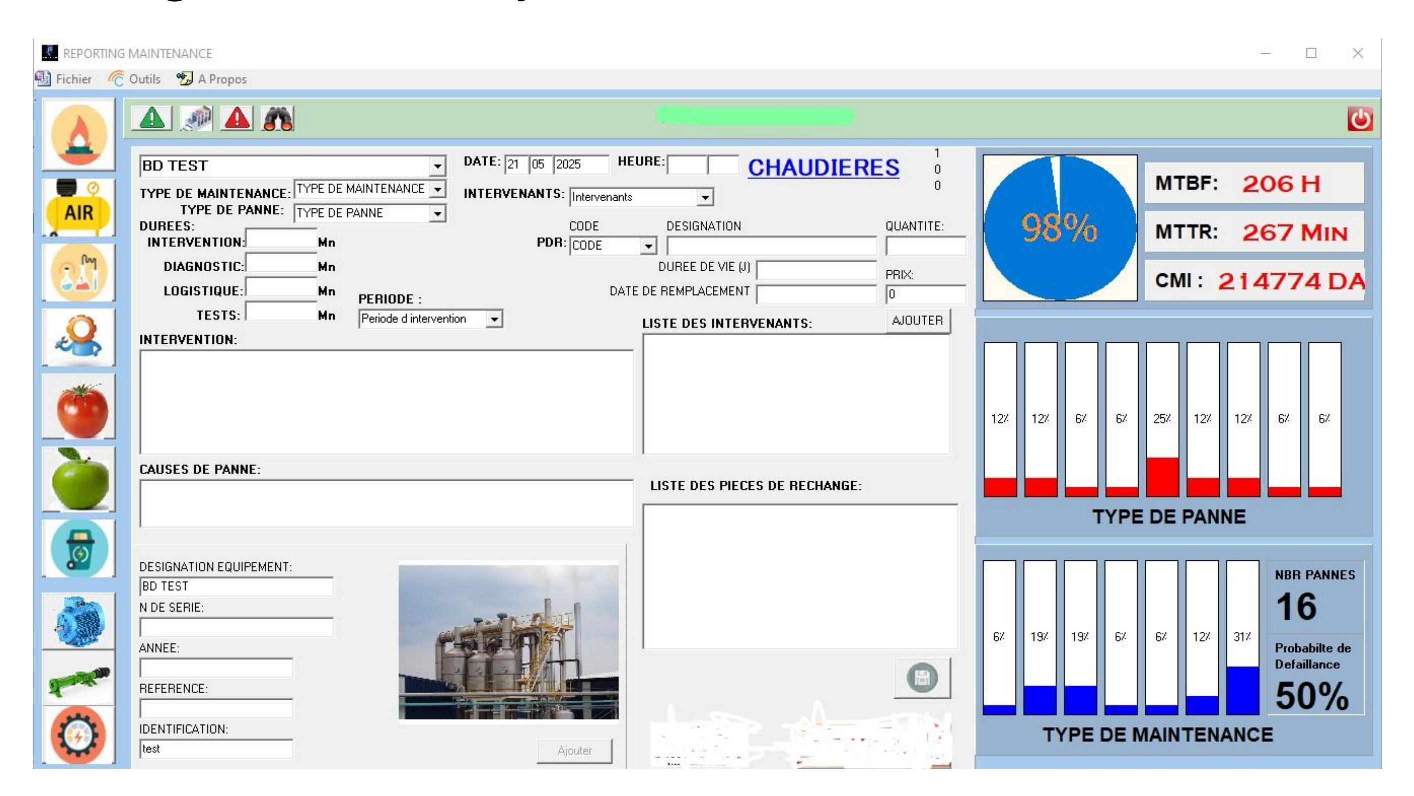
Remèdes associés :
 - Remede 03

Tâches préventives (Cause 08) :
 - Tache 16
 - Tache 17
 - Tache 18
 - Tache 19
 - Tache 20
 - Tache 21
 - Tache 50
```

Un deuxième module permet la création de nouvelles défaillances. En sélectionnant une cause existante, avec ses symptômes qui sont chargé et éditable ou ajouter une nouvelle cause avec ses symptômes et l'ensemble des tâches préventives correspondante.



6. Intégration dans un système de GMAO



L’approche présentée est compatible avec une intégration dans un système de GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur). Grâce à la structuration claire des données, les éléments suivants peuvent être interfacés :

- **Synchronisation des bases** : causes, symptômes, remèdes et tâches peuvent alimenter les bases de données GMAO existantes,
- **Lien avec les bons d’intervention** : les diagnostics proposés peuvent être automatiquement liés aux ordres de travail générés par la GMAO,
- **Traçabilité** : chaque action, analyse ou ajout de donnée peut être ajouté dans le système global,
- **Exploitation des historiques** : les données issues de la GMAO peuvent enrichir les profils symptomatiques et améliorer la précision des analyses futures.

Cette intégration rend le système pleinement opérationnel dans un contexte industriel, et favorise une approche proactive, standardisée et évolutive de la maintenance.

7. Conclusion

Le système proposé permet une standardisation du diagnostic tout en étant adaptatif et extensible. Son organisation logique en causes-symptômes-remèdes-tâches favorise la cohérence des interventions, la formation continue des opérateurs et la capitalisation des connaissances. Ce type d’outil constitue une avancée vers la maintenance intelligente et prédictive.